

ANALISA KEKUATAN LENGAN PEMILAH DENGAN METODE SIMULASI ELEMEN HINGGA PADA REVERSE VENDING MACHINE

Dani Ariadipta^{1*}, Dinda Maharani², Kalistus Prayoga Jagad Adjie Jatmiko³ Muklis Tri Haryadi⁴, Bondan Wiratmoko Budi Santoso⁵,

^{1*,2,3,4}Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin,

⁵Program Studi Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: dani.20203010@student.atmi.ac.id

Abstrak

Reverse Vending Machine dikembangkan dan dievaluasi untuk membantu mengatasi permasalahan terkait pengelolaan sampah botol plastik dan kaleng serta mengedukasi masyarakat agar lebih peduli dengan lingkungan. Penelitian ini berkaitan dengan Automatic Reverse Vending Machine yang memiliki proses pemilahan untuk memisahkan botol plastik atau kaleng aluminium sesuai tempatnya. Dalam pemilahan ini, perlu dilakukan perhitungan kekuatan lengan pemilah yang terpasang pada motor servo untuk menanggung beban yang ditentukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari kekuatan lengan pemilah dalam proses pemilahan. Lengan pemilah berperan sebagai komponen penting pada mesin untuk memilah input akhir yang masuk agar sesuai dengan jenisnya. Metode analisis yang digunakan adalah dengan menggunakan software simulasi, dengan menerapkan metode pembebanan untuk mengidentifikasi titik kritis dan besar stress yang terjadi saat diberikan pembebanan statis. Lengan pemilah terbuat dari plastik ABS dengan volume 37425.62mm³ dan dirancang agar kuat dalam menahan beban, dengan karakteristik material yang kuat, fleksibel, mengkilap, mudah diproses, tahan benturan, dan biaya produksi yang relatif rendah. Hasil analisis ini bertujuan untuk mengetahui daerah kritis yang menentukan kualitas dan keamanan lengan pemilah. Setelah melakukan analisis menggunakan metode simulasi FEA, dapat disimpulkan bahwa desain dan material dari lengan pemilah memenuhi kriteria keamanan, karena nilai stress tidak melebihi dari nilai yield strength material ABS yaitu 40-50N/mm² (Mpa). Nilai stress pada lengan sebesar 6.6659N/mm² (Mpa).

Kata kunci: Pemilahan, Analisis, Stress, Material, Reverse Vending Machine

1. PENDAHULUAN

Penyusutan lingkungan akibat meningkatnya jumlah sampah, terutama botol plastik dan kaleng minuman sekali pakai, telah menyebabkan kebutuhan akan solusi daur ulang yang lebih efisien. *Automatic Reverse Vending Machine* merupakan inovasi mesin daur ulang otomatis yang dirancang untuk mempermudah proses daur ulang botol plastik dan kaleng minuman. Mesin ini didesain sebagai respons terhadap kekhawatiran atas masalah sampah lingkungan yang terus meningkat.

Selain mendukung proses daur ulang, mesin ini juga memiliki tujuan pendidikan dengan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemilahan sampah dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan. Uniknya, mesin ini memberikan imbalan atau *reward* kepada pengguna sebagai bentuk apresiasi atas kontribusi mereka dalam proses daur ulang.

Pada *Automatic Reverse Vending Machine*, terdapat tiga proses utama: *scanning*, *pressing*, dan *selecting*, yang masing-masing terletak dalam unit yang sesuai dengan fungsinya. Proses *selecting* atau pemilahan berperan penting dalam memilah input antara botol plastik atau kaleng aluminium agar dapat tertampung sesuai jenisnya.

Dalam pemilahan tersebut, diperlukan perhitungan kekuatan lengan pemilah yang terpasang pada motor *servo* yang sudah ada. Lengan pemilah terbuat dari plastik *ABS* dengan

volume 37425.62mm³ yang dirancang untuk menanggung beban dengan karakteristik material yang kuat, fleksibel, mengkilap, mudah diproses, tahan benturan, dan biaya produksi yang relatif rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan daerah kritis pada lengan pemilah yang menjadi penentu kualitas dan keselamatan penggunaan. Melalui analisis menggunakan metode simulasi *FEA*, akan dievaluasi apakah desain dan material lengan pemilah memenuhi kriteria keamanan dengan memastikan nilai *stress* tidak melebihi batas *yield strength* dari material *ABS*, yaitu 40-50N/mm² (Mpa). Oleh karena itu, penting untuk memperdalam penelitian terkait fungsi lengan pemilah sebagai komponen kritis yang berperan dalam kinerja mesin.

1.1 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kekuatan lengan pemilah terhadap gaya statis yang terjadi pada saat bagian-bagian tertentu dari lengan pemilah terkena beban. Hal ini bertujuan untuk mengetahui daerah kritis pada lengan pemilah yang mungkin mengalami stress berlebih saat dipakai dalam proses pemilahan pada mesin *Automatic Reverse Vending Machine*.
2. Membuktikan hasil analisis rancangan lengan pemilah tidak melebihi *yield strength*. Dengan melakukan analisis menggunakan metode simulasi *FEA*, tujuan ini adalah untuk memastikan bahwa desain lengan pemilah memenuhi kriteria keamanan dan tidak melebihi batas *yield strength* dari material *ABS* yang telah ditetapkan, yaitu 40-50N/mm² (Mpa).
3. Membuktikan bahwa konstruksi rancangan lengan pemilah sesuai dengan kebutuhan komponen dan aman saat direalisasikan. Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa lengan pemilah telah dirancang dengan baik dan memenuhi standar keamanan yang diperlukan untuk menjaga kualitas dan kinerja mesin *Automatic Reverse Vending Machine*. Dengan demikian, lengan pemilah dapat berfungsi secara efektif dan efisien dalam pemilahan botol plastik dan kaleng aluminium.

2. METODOLOGI

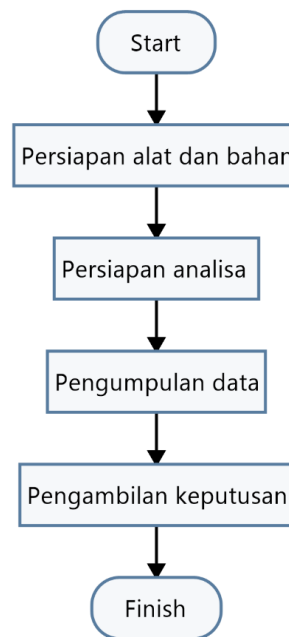
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis menggunakan *software* simulasi, khususnya metode *Finite Element Analysis (FEA)*. Proses analisis dilakukan dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya stress yang terjadi pada lengan pemilah saat diberikan pembebanan gaya statis. Hasil analisis dari *software* simulasi tersebut akan digunakan untuk mengambil kesimpulan apakah bentuk rancangan lengan pemilah yang digunakan aman untuk direalisasikan dalam proses pemilahan pada unit pemilah di dalam *Automatic Reverse Vending Machine*.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di bawah ini.



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

2.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

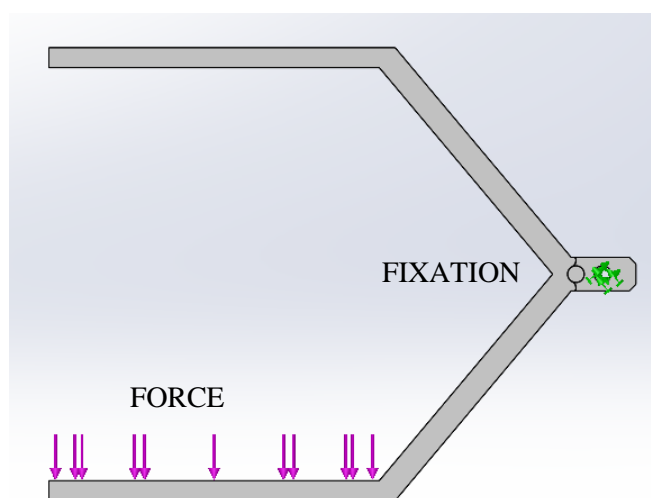
1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan *laptop/PC* dengan jenis *processor Inter(R) Core(TM) i5-9300H CPU @2.40GHz (8 CPUs)* dan memori minimal *RAM size 8 GB*. Laptop ini digunakan untuk operasi analisis dan pembukaan file seperti yang tertera pada **gambar 1**.

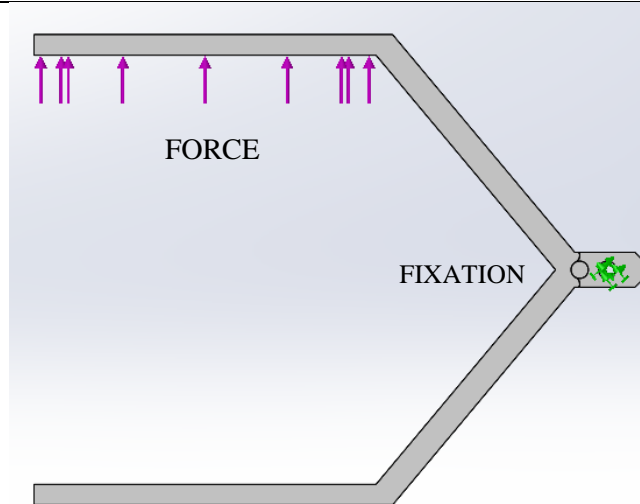
2. Software

Proses analisis menggunakan *software metode simulasi FEA* versi 2020 yang terdapat *Add-ins simulasi FEA*.

3. Simulasi detail dari pembebanan



Gambar 2. Simulasi dari Gaya Pembebanan CW



Gambar 3. Simulasi dari Gaya Pembebanan CCW

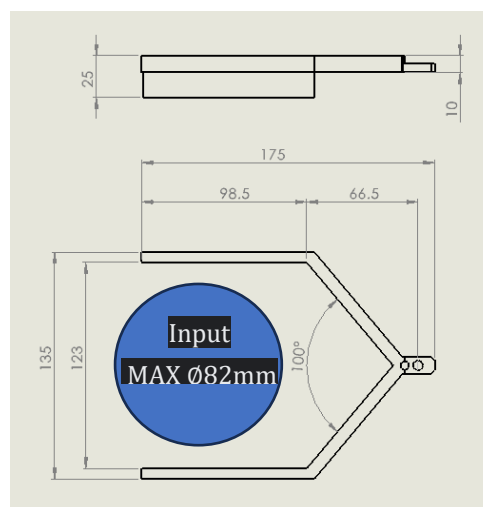
Proses analisis ini menggunakan *software* simulasi untuk menggambarkan titik-titik pembebanan dari komponen maupun gaya yang ditimbulkan dari proses *selecting*. Detail titik pembebanan ditampilkan pada **gambar 2**.

2.2.2. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan pemilihan material yang tepat untuk digunakan dalam proses pemilahan dan pembentukan konstruksi awal lengan pemilah. Pemilihan material ini dilakukan berdasarkan kesepakatan dengan pembimbing dan *customer Automatic Reverse Vending Machine*. Selain itu, data penelitian juga diambil dari jurnal penelitian sebelumnya serta sumber data pendukung lainnya.

Tabel 1. Data diameter input

Jenis	Kapasitas (ml)	Diameter (mm)
Botol Minum Plastik PET	1500	82
	600	65
	330	55
Kaleng Minum Alumunium	300	66
	250	50



Gambar 4. Dimensi Konstruksi Lengan Pemilah

Tabel 2. Keterangan Dimensi Konstruksi Lengan Pemilah

Dimensi dan Sudut	Keterangan
10mm	Ketebalan lengan bukan area pemilahan
25mm	Ketebalan lengan area pemilahan
66.5mm	Panjang lengan bukan area pemilahan
98.5mm	Panjang lengan area pemilahan
123mm	Lebar area pemilahan
135mm	Lebar lengan total
175mm	Panjang lengan total
100	Sudut lengan bukan area pemilahan

Dari proses analisa secara visual didapatkan dimensi konstruksi yang memenuhi kebutuhan efisiensi ruang pemilahan, ditunjukkan oleh gambar 4 beserta keterangannya pada tabel 1. Kebutuhan lengan dengan dimensi yang ada dinilai sudah cukup untuk melakukan proses pemilahan. Botol dan kaleng bisa bergeser dengan baik dan tertampung sesuai jenisnya dengan benar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fokus utama dari penelitian ini adalah melakukan analisis kekuatan pada rancangan lengan pemilah *Automatic Reverse Vending Machine*. Rancangan lengan pemilah sudah dibentuk dan disesuaikan dengan unit di dalam mesin. Selanjutnya, lengan pemilah dianalisis untuk mengetahui apakah mampu menanggung beban saat berproses. Ketika proses berlangsung, lengan tersebut mengalami aksi dari gaya tekanan dan tarikan. Untuk analisis kekuatan, metode simulasi *FEA* digunakan dalam pengujian untuk memperoleh hasil konstruksi yang aman dengan menggunakan material plastik berjenis *ABS* pada lengan pemilah.

3.1. Spesifikasi Part Terkait

Tabel 3. Spesifikasi Part Terkait

No.	Nama Part	Material	Mass (gram)	Volume (mm ³)
1.	Lengan	ABS	38.14	37392.22
2.	Kaleng	Alumunium	316.5	79925.11
3	Botol	PET	1.41	990.61

Dari **tabel 3** diketahui material, massa, dan volume dari masing-masing *part* yang akan dianalisis menggunakan software metode simulasi *FEA* dan akan menjadi force pada saat pengujian. Didapatkan spesifikasi lengan pemilah memiliki material *ABS* dengan Massa 38.14gram dan memiliki volume 37392.22mm³ serta beban terbesar yaitu kaleng dengan massa 316.5gram diubah menjadi satuan Newton dan akan digunakan sebagai force pada saat proses simulasi.

Perhitungan konversi force yang akan digunakan :

$$316.5 \text{ gram} \div 1000 = 0.3165 \text{ kilogram}$$

$$F = m \text{ (dalam kilogram)} \times g \text{ (9.8 m/s}^2\text{)}$$

$$F = 0.3165 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

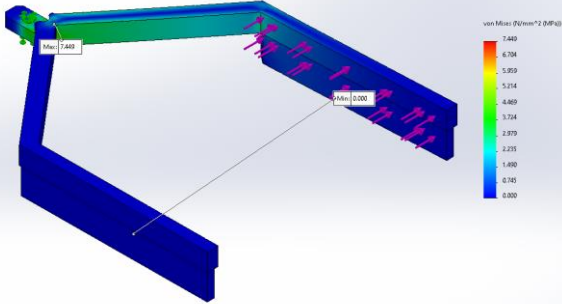
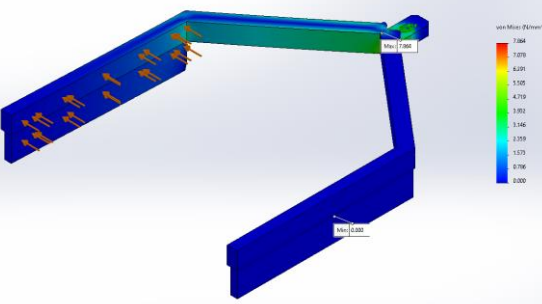
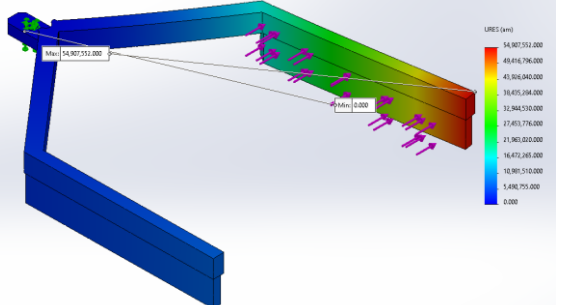
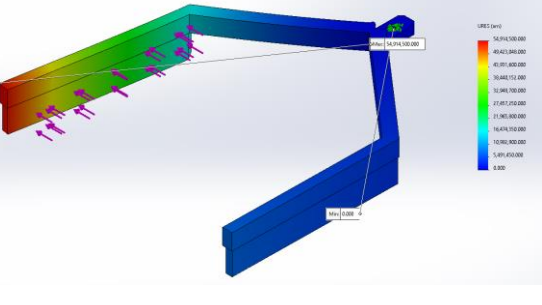
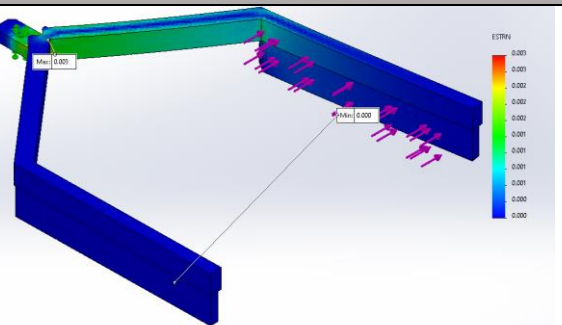
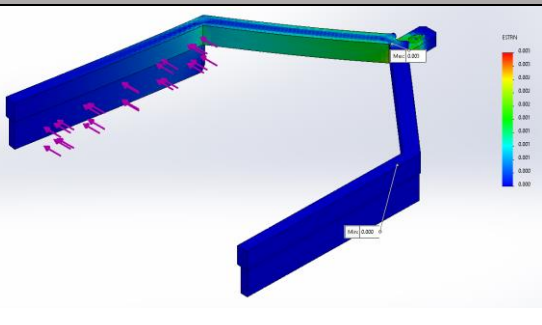
$$F = 3.1 \text{ N}$$

Jadi, 316.5 gram setara dengan sekitar **3.10 Newton**

3.2. Hasil Analisis Software

Desain lengan pemilah pada mesin akan mengalami masa kelelahan (*fatigue*) akibat pergerakan dan pembebanan yang ditimbulkan dari proses *selecting*. Dalam mengatasi kegagalan desain, diperlukan kajian dalam pembebanan maksimal yang diberikan pada mesin. Pada lengan pemilah telah dilakukan analisa dengan pembebanan statis yang dengan titik pembebanan sudah disesuaikan dengan posisi yang akan terkena dampak pembebanan dari *input* dengan arah gerakan lengan pemilah yaitu *CW* dan *CCW*. Bagian *fix* merupakan bagian yang tersambung pada motor *servo* dengan pembautan.

Tabel 4. Hasil Analisa Lengan Pemilah

Arah Beban CW	Pergerakan Lengan CCW
Stress	
	
Displacement	
	
Strain	
	

3.3. Perbandingan Hasil Analisa

Tabel 5. Perbandingan Hasil Analisis Stress dengan Yield Strength

No.	Hasil Analisa	Stress (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)
1	Pergerakan Lengan CW	7.4487	40-50
2.	Pergerakan Lengan CCW	7.8643	

Dari **tabel 5** disimpulkan bahwa part lengan pemilah yang telah di uji menggunakan *software* simulasi *FEA* mendapatkan hasil dari analisa pergerakan lengan CW yang memiliki *stress* 7.4487 N/mm² serta pergerakan lengan CCW yang memiliki *stress* 7.8643 N/mm², kemudian dibandingkan dengan *yield strength* material ABS yaitu 40-50 N/mm². Dapat disimpulkan bahwa konstruksi rancangan aman digunakan karena masih jauh dari batas titik lelehnya.

4. KESIMPULAN



Gambar 5. Realisasi Unit Selecting

Proses analisis menggunakan *software* simulasi *FEA* dilakukan dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya *stress* yang terjadi pada lengan pemilah saat diberikan pembebanan gaya statis. Hasil analisis menunjukkan bahwa lengan pemilah memenuhi kriteria keamanan dan tidak melebihi batas *yield strength* material ABS yang digunakan. Konstruksi rancangan lengan pemilah dengan material ABS kuat dan aman untuk direalisasikan dalam proses pemilahan pada *Automatic Reverse Vending Machine*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Iqbal Fahmi. Juni 2019. Laut Bukan Tempat Sampah Umum. Diakses dari <https://pgsp.big.go.id/laut-bukan-tempat-sampah-umum/>.
- Annur, Cindy Mutia. Maret 2022. Persentase Desa Berdasarkan Jenis Tempat Pembuangan Sampah Keluarga. Diakses dari <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/03/24/bps-mayoritaswarga-desakelurahan-di-indonesia-buang-sampah-ke-lubang-dibakar>.
- Mott, Robert L. 2004. *Machine Elements in Mechanical Design*. Fourth Edition. University of Dayton.
- Edward M. Vavrek, Robert L. Mott, Jyhwen Wang. Mei 2004. *Machine Elements in Mechanical Design*. Sixth Edition. New York: Hudson Street. Diakses dari <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/tdg/DESIGN%20SISTEM%20DAYA%20GERAK/Machine%20Elements%20in%20Mechanical%20Design.pdf>. Diakses tanggal 27 Juli 2023.
- Ekhsan Hadi, Nathan Ardian dan Ranggasana Cakrawala. September 2022. "*PERANCANGAN AUTOMATIC REVERSE VENDING MACHINE*". Buku laporan tugas akhir No: 308200/TPM/2022, Surakarta : Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI.
- MonsterMac (2021) *Pengertian Vending Machine, Jenis dan Cara Kerjanya*. <https://id.linkedin.com/pulse/pengertian-vending-machine-jenis-dan-cara-kerjanya-monstermac-id>. Diakses tanggal 27 Juli 2023.
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). *Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan software metode simulation FEA*. *Rekayasa*, 13(3), 299-306. Diakses tanggal 27 Juli 2023.